



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 2000207693 A

(43) Date of publication of application: 28 . 07 . 00

(51) Int. Cl

G08G 1/16
B60R 1/00
B60R 21/00
G01B 11/00
G06T 7/00
H04N 7/18
// G05D 1/02

(21) Application number: 11003137

(71) Applicant: NISSAN MOTOR CO LTD

(22) Date of filing: 08 . 01 . 99

(72) Inventor: FUJIMOTO KAZUMI

(54) OBSTACLE DETECTOR ON VEHICLE

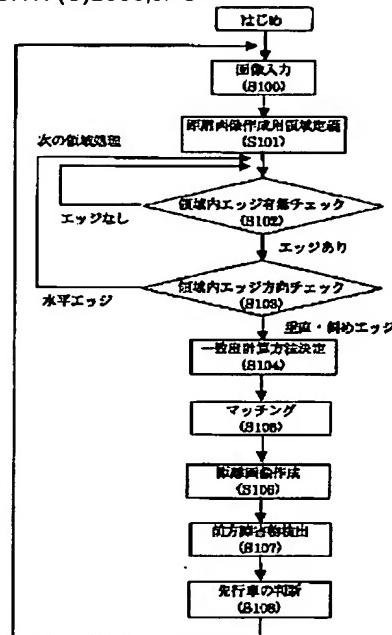
thus detecting the obstacle.

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an obstacle detector on a vehicle which detects an obstacle independently of the color of the obstacle and of background or the like to obtain the distance between this obstacle and user's vehicle.

SOLUTION: Two cameras are provided which are so installed that their optical axes may be parallel with each other and their horizontal axes of image pickup faces may be arranged on the same line, and the picture of one camera is divided into areas of a prescribed size (S101), and an area including an edge is extracted from these areas (S102) and the direction of the edge in the extracted area is obtained (S103), and areas in the other picture which have the highest degrees of coincidence with areas in vertical and oblique directions with respect to the direction of the edge are detected to obtain the parallax in each area (S105), and the distance from user's vehicle to an object existing in each area is calculated based on the principle of triangulation in accordance with this parallax and the positional relation of two cameras (S106), and a group of adjacent area to which calculated distances are approximately equal are decided as one obstacle (S107).

COPYRIGHT: (C)2000,JPO



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2000-207693
(P2000-207693A)

(43)公開日 平成12年7月28日(2000.7.28)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
G 08 G	1/16	G 08 G	C 2 F 0 6 5
B 60 R	1/00	B 60 R	A 5 B 0 5 7
	21/00	G 01 B	H 5 C 0 5 4
G 01 B	11/00	H 04 N	D 5 H 1 8 0
G 06 T	7/00	G 05 D	K 5 H 3 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 4 OL (全 9 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平11-3137

(22)出願日 平成11年1月8日(1999.1.8)

(71)出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72)発明者 藤本 和巳

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内

(74)代理人 100068353

弁理士 中村 純之助 (外1名)

最終頁に続く

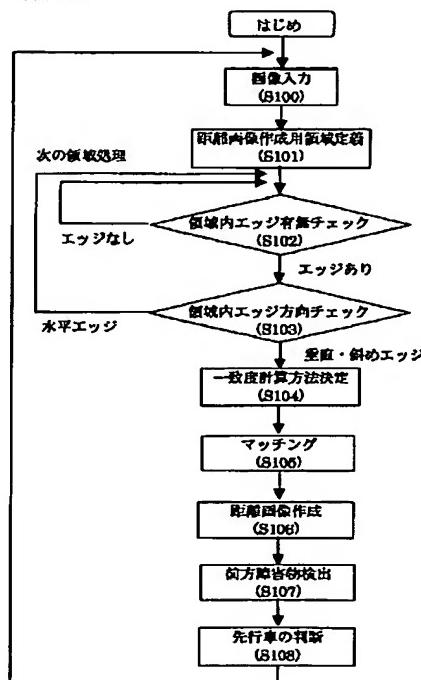
(54)【発明の名称】 車載用障害物検出装置

(57)【要約】

【課題】障害物や背景の色等に左右されずに障害物を検知し、その障害物と自車両との距離を求める車載用障害物検出装置を提供する。

【解決手段】相互に光軸が平行で、撮像面の水平軸が同じライン上に揃うように設置された二つのカメラを備え、一方のカメラの画像を所定の大きさの領域毎に分割し(S101)、そのうちからエッジを含んだ領域を抽出し(S102)、抽出した領域内のエッジの方向を求め(S103)、エッジの方向が垂直および斜め方向の領域に対して、他方の画像で最も一致度が高い領域を検出して各領域毎の視差を求め(S105)、その視差と前記二つのカメラの位置関係から三角測量の原理に基づいて各領域内に存在する物体までの自車両からの距離を演算し(S106)、隣接して同じような距離と算出された領域のかたまりを一つの障害物と判定する(S107)ことで障害物を検出する車載用障害物検出装置。

(図2)



【特許請求の範囲】

【請求項1】車両に搭載された二つの電子式カメラからなり、両カメラが共に車両前方または後方に向けて相互に光軸が平行で、かつ撮像面の水平軸が同じライン上に揃うように設置されたカメラと、一方のカメラの画像を所定の大きさの領域毎に分割する領域分割手段と、前記各領域のうちからエッジを含んだ領域を抽出するエッジ領域抽出手段と、前記の抽出した領域内のエッジの方向を求めるエッジ方向検出手段と、前記の求められたエッジの方向が水平方向の領域を除いて垂直および斜め方向の領域に対して、他方の画像においてその領域と最も一致度が高い領域を検出し、最も一致度が高い両領域の位置の差から各領域毎の視差を求める視差検出手段と、前記各領域毎の視差と前記二つのカメラの位置関係から三角測量の原理に基づいて各領域内に存在する物体までの自車両からの距離を演算する距離演算手段と、隣接して同じような距離と算出された領域のかたまりを一つの障害物と判定することで障害物を検出する障害物検出手段と、を備えたことを特徴とする車載用障害物検出装置。

【請求項2】前記エッジ方向検出手段で求めたエッジの*

$$F(u, v) = \iint f(x, y) \times e \times p \{ -2\pi j(ux + vy) \} dy dx \dots \text{(数3)}$$

さらに、そのパワースペクトル $|F(u, v)|^2$ を求め、周波数 r の成分の和である (数4) 式の $P(r)$ を計算してエネルギー分布を求め、所定値より高い周波数 r_1 におけるエネルギー分布の値 $P(r_1)$ が所定のしきい値以上の場合は領域内にエッジ成分が含まれ、しきい値未満の場合はエッジ成分が含まれないと判断するものであり、

$$P(r) = \int_0^{2\pi} |F(r, \theta)|^2 d\theta \dots \text{(数4)}$$

前記エッジ方向・強度検出手段は、 θ 方向の成分の和である下記 (数5) 式の $P(\theta)$ において、 $P(90^\circ)$ の値が所定のしきい値以上の場合にはエッジの方向が水平方向であり、未満の場合は垂直または斜め方向であると判断し、

$$P(\theta) = \int_0^\pi |F(r, \theta)|^2 dr \dots \text{(数5)}$$

前記 (数4) 式で求めたエネルギー分布の値 $P(r_1)$ から周波数 r_1 におけるエネルギーが所定のしきい値以上の場合は強度が大きく、未満の場合は強度が小さいと判断するものである、ことを特徴とする請求項3に記載の車載用障害物検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、ステレオ画像処理を用いて、障害物や背景の色等に左右されずに前方の

* 方向が水平方向である領域を記憶する記憶手段を有し、かつ、前記障害物検出手段は、前記エッジの方向が水平方向である領域を挟んで前記同じ距離の領域のかたまりがある場合はそれらを一つの障害物と判定することで障害物を検出する、ことを特徴とする請求項1に記載の車載用障害物検出装置。

【請求項3】前記エッジ領域抽出手段と、前記の抽出した領域内のエッジの方向およびその強度を求めるエッジ方向・強度検出手段を有し、かつ、前記視差検出手段

10 は、垂直および斜め方向のエッジの強度が所定値未満の領域については、各領域内の画像を空間周波数成分に分解して周波数成分の和のエネルギー分布の面積を計算し、左画像と右画像の領域の面積差に応じて一致度を演算し、垂直および斜め方向のエッジの強度が所定値以上の領域については、左右の領域内の対応する位置の画素の輝度の差の絶対値を一つの領域について合計した値に応じて一致度を演算することにより、他方の画像においてその領域と最も一致度が高い領域を検出し、最も一致度が高い両領域の位置の差から各領域毎の視差を求めることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の車両用障害物検出装置。

【請求項4】前記エッジ領域抽出手段は、各領域画像 $f(x, y)$ に対して、(数3) 式に示すような2次元フーリエ変換 $F(u, v)$ を求め、

障害物を検知し、その障害物と自車両までの距離を求める技術に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の障害物検出装置としては、例えば特開平8-315297号公報に記載されたものがある。この装置では、二つのカメラで撮像した左右画像に基づいて左右のエッジヒストグラムを作成し、作成された左右ヒストグラムのピーク値を先行車のエッジ位置と判断し、左右のエッジのズレ量に基づいて先行車までの距離を求めるものである。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記の障害物検出装置においては、各走査線毎の微分値を積算することによってエッジヒストグラムを作成しているため、先行車以外の障害物を検知できないという問題がある。また微分値を利用するため背景によって検出能力が左右されるという問題がある。

40 【0004】本発明は上記のごとき従来技術の問題を解決するためになされたものであり、障害物や背景の色等に左右されずに障害物を検知し、その障害物と自車両との距離を求めることのできる車載用障害物検出装置を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため本発明においては、特許請求の範囲に記載するよう

構成している。すなわち、請求項1においては、画像全体に小領域（ウィンドウ）を定義し、前方に障害物が存在すると同じ視差の領域が固まることを利用して物体の検出を行なうように構成している。また、定義した個々の領域において視差を求める際、道路や空で構成される領域はエッジ等の特徴を含んでおらず、このような領域に対してマッチングを行なうと正確なマッチング位置が求められない可能性があり、同様に水平エッジについても正確なマッチング位置が求められないでの、水平エッジの領域を除いて垂直および斜めエッジを含む領域についてのみ視差を求めるように構成している。このように構成したことにより、物体の個数や検出対象の色や形に左右されず、かつ複数の物体があっても同時に検出することが出来る。また、垂直および斜めエッジを含む領域についてのみ視差を求める演算を行なうので、計算量を削減することができ、処理の高速化が可能になる。

【0006】また、請求項2においては、前記エッジ方向検出手段で求めたエッジの方向が水平方向である領域を記憶する記憶手段を有し、かつ、前記障害物検出手段は、前記エッジの方向が水平方向である領域を挟んで前記同じ距離の領域のかたまりがある場合はそれらを一つの障害物と判定するように構成している。すなわち、先行車などは車両の左端を示す縦エッジと右端を示す縦エッジとの間が水平エッジで結ばれていることが多いので、このような場合にはそれらを一つの障害物（車両）と判断するものである。

【0007】また、請求項3は、コントラストの強いエッジと弱いエッジとで視差演算における一致度（マッチング）の算出方法を変更するものである。すなわち、コントラストの弱いエッジは背景部分との差が明確にでないため、正確なマッチング位置が求められない可能性がある。そのため、エッジ強度を算出してコントラストの弱いエッジ（エッジ強度が所定値未満）に対しては、領域間のエネルギー分布の面積差に応じて一致度を計算することにした。そしてコントラストの強い（エッジ強度が所定値以上）領域に対しては、通常のマッチング演算、すなわち左右の領域内の対応する位置の画素の輝度の差の絶対値を一つの領域について合計した値（後記数2式）に応じて一致度を演算するようにした。このように構成したことにより、背景の状態によってコントラストの弱い対象物であっても検出することが可能となり、誤計測が減少する。

【0008】また、請求項4は、請求項3におけるエッジ領域抽出手段とエッジ方向・強度検出手段との具体的な構成例を示すものであり、各領域内の画像を空間周波数成分に分解して周波数成分の和と方向成分の和の二つのエネルギー分布を求め、それらの値を判定することによってエッジの有無、方向、および強度を求めるように構成している。なお、請求項4において、「所定値より高い周波数 r_1 におけるエネルギー分布の値 $P(r_1)$

」とは、例えば後記図7における r_1 と $P(r_1)$ に相当する。

【0009】

【発明の効果】本発明においては、検出物体や背景の色や形に左右されず、かつ検出物体の個数に拘りなく、同時に複数の物体を検出することが出来る、という効果がある。また、マッチング処理を行なう前に、対象となる領域内のエッジ状態を判断することにより、視差の算出が困難な領域における一致度の計算を省略することが可能ため処理が高速になる。さらにマッチングが困難な道路や空などの無地に近いテクスチャをマッチングから除外することで、障害物検出の信頼性が向上する。

【0010】また、請求項2においては、垂直や斜めエッジと水平エッジとから成る車両のような物体を一つの障害物としてまとめて認識することが出来る。

【0011】また、請求項3においては、マッチング処理の一一致度の算出方法をエッジ強度によって場合分けすることにより、背景との濃度差の少ないエッジであっても視差を求めることができる。これにより、コントラストの弱いエッジの視差の信頼性が向上し障害物検出の誤検出を減少させることが出来る。

【0012】また、請求項4においては、領域を空間周波数に分解し、パワースペクトルを求ることでエッジについての複数の情報（有無、方向、強度）を一度に得ることができるという利点がある。

【0013】

【発明の実施の形態】図1は本発明の一実施の形態の構成を示すブロック図である。図1において、1および2は電子式のカメラであり、自車の前部に前方を向いて設置されており、両カメラの光軸は相互に平行で、かつ撮像面の水平軸が同じライン上に揃うように設置されている。なお、車両の後部に後方を向けて設置し、車両後方の障害物を検出するように構成することもできる。3、4はそれぞれカメラ1、2から入力した画像信号を記憶する画像メモリである。5は演算部であり、例えばCPU、RAM、ROM等からなるマイクロコンピュータで構成される。6は自車の前方に存在する障害物等の検出対象物であり、図1では先行車を例示している。

【0014】図2は、図1の演算部5における演算内容を示すフローチャートである。以下、図2に示すフローチャートの内容を簡単に説明し、続いて各ステップについて詳細に説明する。図2において、まずステップS100では、カメラ1と2によるステレオ画像、すなわちカメラ1による左画像とカメラ2による右画像を入力する。

【0015】次に、ステップS101では、上記のステレオ画像の何れか一方の画像と同じ大きさの複数の領域（ウィンドウ）に分割する（領域定義）。

【0016】次にステップS102～S105では、上記の定義した領域一つ一つに対して視差を計算すること

によって距離を求める。なお、視差とは、同じ対象物を撮像した場合における左画像と右画像において写っている画像位置の差を意味する。例えば前方に存在する先行車の左エッジが左画像では画像中心から右方5mmに写っており、右画像では画像中心から右方15mmの位置に写っていた場合には、視差は10mmということになる。

【0017】まず、ステップS102では最初の処理対象領域に対して領域内のエッジ有無判断処理を行なう。すなわち後記(数4)式に基づいてテクスチャの密度を示すP(r)を計算し、密度の高い(エッジのコントラストの高い)部分に相当するP(r1)が所定のしきい値未満(エッジなし)であればその位置の視差をゼロとおいて次の領域の処理に移る。なお、テクスチャとは画像に現われた形状や模様を意味する。

【0018】ステップS102でP(r1)がしきい値以上(エッジあり)であれば、次のステップS103で領域内のエッジ方向判断処理を行なう。すなわち後記(数5)式に基づいてテクスチャの方向性を示すP(θ)を計算し、水平方向に相当するP(90°)が所定のしきい値以上(水平エッジ)であれば、その位置の視差を-1とおいて格納し、次の領域の処理に移る。

【0019】ステップS103でしきい値未満(垂直エッジや斜めエッジ)の場合には、ステップS104で一致度計算方法を決定する。すなわち、ステップS102のエッジ有無判断に用いたP(r1)を再評価し、所定のしきい値未満(コントラストが弱い領域)であれば、一致度の算出にエネルギー分布面積の差分値を用いる。しきい値以上であれば、後記(数2)式に示すような画像間の差分値を一致度として用いる。

【0020】次にステップS105では、マッチング処理を行なって視差を求める。ここでは、探索範囲内の全ての一一致度を求め、一致度が最小となる位置を探し、その位置(基準となった方の画像位置からの差)をこの領域の視差とする。

【0021】次にステップS106では、上記のような操作を全ての領域に対して行なうことにより、距離画像を作成する。これにより、各領域内の物体までの距離を*

$$x = \frac{x_L \cdot h}{x_L - x_R} \quad y = \frac{y_L \cdot h}{x_L - x_R} = \frac{y_R \cdot h}{x_L - x_R} \quad z = \frac{f \cdot h}{x_L - x_R} \quad \dots \text{(数1)}$$

【0029】これらの式から空間中の点を、左右画像に投影したときの点を求ること、言い換えれば左画像と右画像で対応する点を決定することによって、画像中の各点の3次元座標を求めることが出来る。特に上記の光学系では、左右のカメラをつなぐ線分が水平でX軸に平行であり、 $y_L = y_R$ であるので、左右画像の存在する水平線上の画素間の対応関係を決定すればよい。すなわち、2つの画像間のマッチング位置 x_L 、 x_R (左画像と同じ画像が存在する右画像の位置)を求め、それによつて視差($x_L - x_R$)を求めれば、(数1)式のzによつ

*後記(数1)式によって算出することができる。

【0022】次にステップS107では、上記の求めた距離が同じ値となる連続する領域のかたまりをみつけることにより、障害物を検出する。

【0023】次にステップS108では、検出した障害物が車両で有るか否かの判断を行なう。これは障害物とした領域のかたまりの中に長い水平エッジを含んでいる場合に車両と判断するものである。

【0024】以上のような処理を行なうことにより、前方に存在する障害物(単数でも複数でも可)を検出し、かつそれらの障害物までの距離を求めることが出来る。

【0025】なお、図2に示した各処理のうち、ステップS104を省略し、上記の二つの一致度算出方法のうち、予め定めた何れか一方の方法のみで、垂直および斜めエッジの領域についての一致度を算出するように構成することも出来る。

【0026】以下、上記の各ステップの内容について各自詳細に説明する。まず、図3はステレオ画像を用いて三角測量の原理でカメラから障害物までの距離を求める原理を説明する図である。図3において、X軸は地表面に水平、Y軸は地表面に垂直、Z軸は左カメラの光軸(車両前方正面方向)に一致しているものとする。また、左カメラ(図1のカメラ1に相当)と右カメラ(図1のカメラ2に相当)の光軸は相互に平行で、かつ撮像面の水平軸が同じライン上に揃うように設置されている。なお、両カメラのレンズは図示を省略しているが、X軸から焦点距離fだけ前方のローカル座標系を示した場所に存在する。そして実際の画像はX軸の位置に結像されるが、図3ではレンズの位置に示している。

【0027】上記の構成において、空間中の点P(x, y, z)を撮影して得た左画像において、点Pを投影した P_L の X_L, Y_L ローカル座標系における座標を $P_L(x_L, y_L)$ とし、同様に右画像における点Pを投影したときのローカル座標を $P_R(x_R, y_R)$ とする。このとき、2つのカメラの間隔をh、焦点距離をfとすると、点P(x, y, z)のx座標、y座標、z座標位置は下記(数1)式で求めることが出来る。

【0028】

てカメラから先行車まで距離を計測することが出来る。本発明は原理的には上記の方法によって距離を計測するものであり、前記図2のフローチャートにおけるステップS100の画像入力は、上記のカメラ1と2で撮像した左画像と右画像を入力するものである。

【0030】次に、ステップS101における領域定義と、ステップS102、S103における領域内エッジの有無および方向のチェックと、ステップS105、S106におけるマッチングと距離画像作成について説明する。図4は入力した左右画像のうち何れか一方(例え

ば左画像) の画像を小領域に分割し、領域内に存在する特徴的なエッジを利用して、2つの画像間でのマッチング位置を求めた結果を示す図である。図4 (a) は左画像を複数の小領域に分割した状態を示す図であり、道路前方に先行車が存在する画像を例示している。図4

(b) は右画像を示す図であり、左画像の或る領域と一致する部分(マッチング)を求める、両者の視差を求める状態を示している。図4 (c) は視差の値が同じ領域のかたまりを抜き出した図である。

【0031】図4に示すように、各領域毎に視差($x_1 - x_2$)を求めれば、前記(数1)式によりその領域内に撮像されている物体までの距離を求めることが出来る。この図4のように各領域毎にその内部の物体の距離を求めた画像を“距離画像”と呼ぶ。さらに各領域毎に求められる距離は領域内の物体の特徴的なエッジまでの距離であるため、隣接する領域で同じような距離がある場合には同一物体であると判断することが出来る。例えば図4 (c) で四角な枠で領域が示されている部分が視差の値が同じ個所であり、この部分が先行車に相当する。

【0032】図5は、画像上に存在する道路の領域(先行車の下の部分)と、空の領域(画面の上部ほぼ三分の一の範囲)と、先行車のエッジを含む領域とのそれぞれにおいて、マッチングを行なって視差を求める状態を表した図であり、(a) は左画像、(b) は右画像、(c) はマッチング位置が存在する場合の視差と一致度との関係を示すグラフ、(d) はマッチング位置が存在しない場合の視差と一致度との関係を示すグラフである。

【0033】前記図3に示したように、2つのカメラを光軸が平行になるように設置した場合には、画像のマッチング位置は同一線上にのる。このことから、左画像に一致する右画像の対象領域の探索は、同一線上において視差方向に1画素づつずらしながら左右の領域間で下記(数2)式に示すような一致度H(差分値)を求めるこ¹⁰とによって行なうことが出来る。なお、一致度Hは差分値で表しているので、この値が小さいほど両者が一致していることになる。

【0034】

$$H = \sum_i |L_i - R_i| \quad \dots \text{(数2)}$$

(数2)式において、LとRはそれぞれ左画像と右画像の輝度であり、一つの領域(ウィンドウ)内に含まれる画素のうち、左画像と右画像とで対応する位置の画素毎に両者の差の絶対値 $|L_i - R_i|$ を求める、その総和をH*

$$F(u, v) = \iint f(x, y) \times e^{x p(-2\pi j(u x + v y))} dy dx \dots \text{(数3)}$$

図6に示すように、 $|F(u, v)|^2$ を極座標形式 $F(r, \theta)$ とすると $|F(u, v)|^2$ のr方向成分は、テクスチャの密度を表す。すなわちテクスチャが粗い場合には、 $|F(u, v)|^2$ は中心付近だけが大きくなり、逆に密度が高い場合、つまりエッジ成分を含む場合はrが大きい

*とする。このHの値は左画像と右画像とで対応する位置の画素の輝度が近い値であるほど、すなわち一つの領域内に含まれる画像が左画像と右画像とで近似しているほど小さな値になる。したがって左画像の或る領域に対して右画像の領域を順次ずらしながら上記Hの値を求めてゆくと、同じ画像が存在する位置では、図5 (c) に示すように、Hの値が最小値をとる。この位置がマッチング位置であり、このときの左画像と右画像との位置の差(走査の始点からマッチング位置までのズレ量)が視差

10 である。例えば図5 (b) の先行車の部分については図5 (c) に示すように一致度の最小値(マッチング位置)が存在し、視差を求めることが出来る。

【0035】しかし、道路領域や空領域は同じ画像が連続しているので、左画像と右画像の一致を探索する場合に、探索範囲内に同様な領域が存在するので複数の位置に最小値が存在し、マッチング位置を特定することが出来ない。例えば図5 (a) において空領域、道路領域と記載した部分については、図5 (b) に「?」で示したように同じ画像の領域が連続して存在するので、図5
20 (d) に示したように最小値の位置が連続して存在し、マッチング位置を求めることが出来ない。

【0036】なお、実際の画像では空領域や道路領域でも多少の差異が存在するので、実際にはそれぞれの位置で異なる差分値が求められ、最小値の位置も求められることになるが、これらは物体の真の視差を算出したものではないため、この値を物体の認識に用いると誤検出の原因になる。つまり、このような領域は誤検出の原因の可能性が高いためマッチング処理を行なうべきではない。

【0037】以下、上記のような誤検知の要因を取り除く方法を説明する(ステップS102、S103)。上記のように、空領域や道路領域のような誤検出の原因となる領域は、エッジなどの特徴を含んでいないため、エッジ特徴を含む領域のみを特定することにより誤検出の原因となる領域を取り除くことができる。エッジの有無、方向、および強度は、各領域内の画像を空間周波数成分に分解して周波数成分の和と方向成分の和の二つのエネルギー分布を求め、それらの値を判定することによって求めることが出来る。まず、エッジ特徴を含む領域の特定は、小領域画像 $f(x, y)$ に対して、下記(数3)式に示すような2次元フーリエ変換 $F(u, v)$ のパワースペクトル $|F(u, v)|^2$ を求ることによって行なうことが出来る。

【0038】

部分でも大きくなる。したがって、周波数 r の成分の和である下記(数4)式の $P(r)$ を計算してエネルギー分布を求め、周波数 r が所定値より高い値 r_1 における $P(r_1)$ の値がしきい値以上か否かを判別することにより領域内にエッジ成分が含まれるか否かを判断するこ

とが出来る。なお、上記所定値は、エッジの無い画像と有る画像とを明瞭に識別出来るような周波数の値である。

【0039】

$$P(r) = \int_0^{2\pi} |F(r, \theta)|^2 d\theta \quad \dots \text{(数4)}$$

【0040】図7は、上記の状態を示す図であり、実線で示したエッジを含む画像のエネルギー分布は周波数が高い値 r_1 において大きな値を示しているのに対し、破線で示した道路領域や空領域のエネルギー分布は周波数が低い値で大きな値を示し、周波数が高い値 r_1 では小さな値になっている。したがって周波数 r_1 におけるエネルギーの値を所定のしきい値と比較することにより、エッジ画像か否かを判別することが出来る。なお、上記 r_1 の値やしきい値は、実用上、道路や空の画像とエッジを含む画像とを明瞭に区別出来るような値に設定すればよい。

【0041】同様に θ 方向の成分の和である下記(数5)式の $P(\theta)$ はテクスチャの方向性を表す。

【0042】

$$P(\theta) = \int_0^\pi |F(r, \theta)|^2 dr \quad \dots \text{(数5)}$$

【0043】 θ 方向に沿って線やエッジの多く存在するテクスチャの場合にはフーリエ領域では $\theta + (\pi/2)$ 、すなはち θ に直角の方向にエネルギーが集中して現れる。このことから $P(\theta)$ を計算してエネルギー分布を求め、図8に示すように水平方向、すなわち $P(90^\circ)$ の値がしきい値以上か否かによってエッジの方向性を判断し、水平方向のエッジを持つ領域の位置を格納する。そして水平エッジは2つのカメラを光軸が平行になるように設置した場合ではマッチング位置の特定が難しいためマッチングは行わない。なお、上記しきい値は、完全な水平エッジに限らず、実用上マッチング位置の特定が難しくなる程度に水平なエッジを検出出来る値に設定する。上記のごとき処理により、誤検知の可能性の高い領域を削除することができ、同時にマッチング時の計算量も削減することが出来る。

【0044】次に、ステップS104における一致度計算方法決定について説明する。図9は、或るコントラストの弱いエッジを持つ領域での同位置線上における走査範囲内の全差分値の値を示した図であり、(a)は画像、(b)はズレ量と一致度の関係を示す。図9に示すように、各画素間の一一致度の変化が少ない場合には、最小値付近に同じような値が多く存在するため、画像のノイズ等でマッチング位置を間違える可能性が高い。そのため、テクスチャ特徴を反映している前記(数4)式のエネルギー分布の面積を計算し、左画像と右画像の領域の面積差に応じて一致度を求める(面積差が小さいほど両者は一致しており、一致度は小さくなる)。ただし、この方法では計算量が通常の差分を求める方法よりも増

えるため、図10に示すように前記(数4)式で求めたエネルギー分布から周波数 r_1 におけるエネルギーが所定のしきい値以上か否かによってコントラストの強弱を判定し、コントラストの弱い領域に対してのみこの方法を実施する。これによりコントラストの弱いエッジに対しても障害物検出の確実性を向上させることが出来る。前記図2のステップS104は上記の処理を行なうステップであり、コントラストの弱い領域に対しては上記のエネルギー分布の面積を計算し、左画像と右画像の領域の面積差を一致度とする方法を用い、それ以外の領域に関しては前記(数2)式を用いた方法を適用する。なお、上記コントラストの強弱を判定するのに用いるしきい値は、実用上、一致度の計算を正確に行なうのに適するよう強と弱が分けられる値に設定する。

【0045】次に、ステップS107、ステップS108における前方に存在する物体が障害物であるか否かの判断と先行車の判断について説明する。図11は複数の領域における視差の値から垂直方向に距離のヒストグラムを作成し、同じ距離のかたまりを見付けることによつて障害物を判断する方法を示す図であり、(a)は領域分けした画像、(b)は距離のヒストグラムを示す。図11(b)において、「0」は「エッジなし」の領域、「-1」は水平エッジが存在する領域、正の数字はヒストグラムの値を示す。

【0046】検出した物体が複数の領域にまたがる場合、隣接する領域では同じ距離が算出されるため、このことを利用して同じ距離となる連続する領域のかたまりをみつける。図11に示すように、まず、求めた距離から垂直方向に距離のヒストグラムを作成する。或る程度の大きさの物体が存在すれば、その位置でのヒストグラムは大きい値をとるため、その値を当該物体の視差とする。隣接して同じような距離がある場合は、ひとかたまりとして一つの障害物とみなす。例えば図11(b)では視差の値が「12」のかたまりがある。

【0047】また、距離が「-1」のかたまりは水平エッジのかたまりなので、その両側に同じような距離のかたまりが存在する場合にはそれら3つかたまりを一つの障害物とみなす。例えば図11(b)では画面の中央部に「-1」の大きなかたまりがあり、その左右両側に視差が「12」のかたまりがある。左側の視差「12」のかたまりは車両の左側の縦エッジに相当し、右側の視差「12」のかたまりは車両の右側の縦エッジに相当し、中央部の「-1」のかたまりは車両の水平エッジに相当する。したがってこれらの3個所のかたまりで一つの障害物と判断することが出来る。

【0048】また、一般に車両は、上記のように左側の縦エッジと長い水平エッジと右側の縦エッジとから成るので、そのような組み合せの場合には前方の障害物が車両(この場合は先行車)であると判断することが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態の構成を示すブロック図。

【図2】本発明における演算内容の一実施の形態を示すフロー図。

【図3】ステレオ画像を用いて三角測量の原理でカメラから障害物までの距離を求める原理を説明する図。

【図4】入力した左右画像の2つの画像間でのマッチング位置を求めた結果を示す図であり、(a)は左画像を複数の小領域に分割した状態を示す図、(b)は右画像を示す図、(c)は視差の値が同じ領域のかたまりを抜き出した図。

【図5】画像上に存在する道路の領域と、空の領域と、先行車のエッジを含む領域において視差を求める状態を表した図であり、(a)は左画像、(b)は右画像、

(c)はマッチング位置が存在する場合の視差と一致度との関係を示すグラフ、(d)はマッチング位置が存在しない場合の視差と一致度との関係を示すグラフ。

【図6】2次元フーリエ変換 $F(u, v)$ のパワースペク*

* $|F(u, v)|^2$ を極座標形式 $F(r, \theta)$ で示した図。

【図7】エッジを含む画像と空や道路などのエネルギー分布を示す図。

【図8】水平エッジと垂直・斜めエッジとのエネルギー分布の差異を示す図。

【図9】或るコントラストの弱いエッジを持つ領域での同位置線上における走査範囲内の全差分値の値を示した図。

【図10】コントラストの強弱によるエネルギー分布の差異を示す図。

【図11】距離のヒストグラムを示す図であり、(a)は領域分けした画像、(b)は距離のヒストグラム。

【符号の説明】

1、2…電子式のカメラ

3、4…画像メモリ

5…演算部

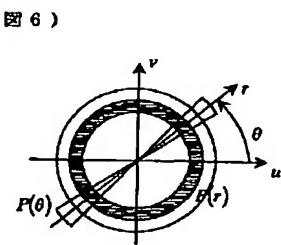
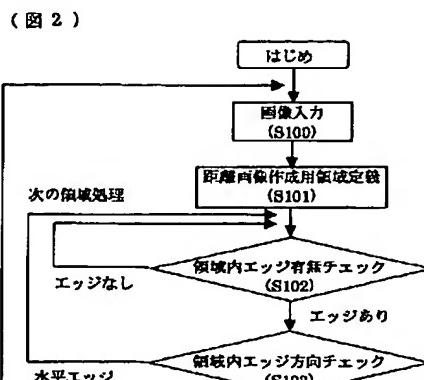
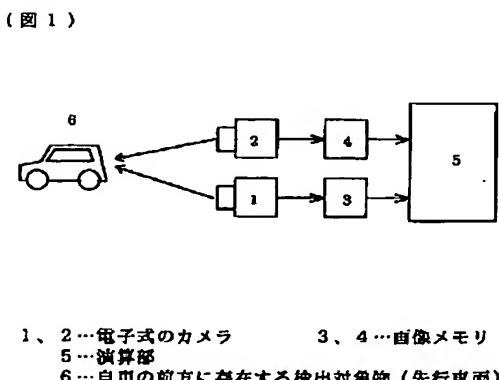
6…検出対象物（先行車）

20

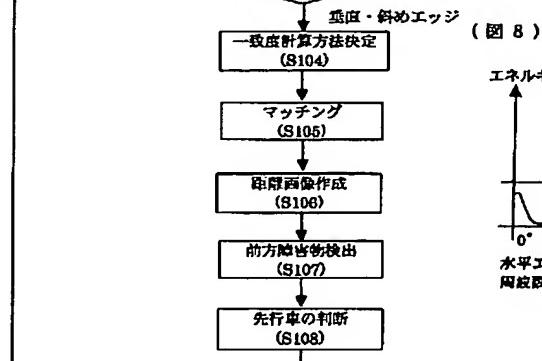
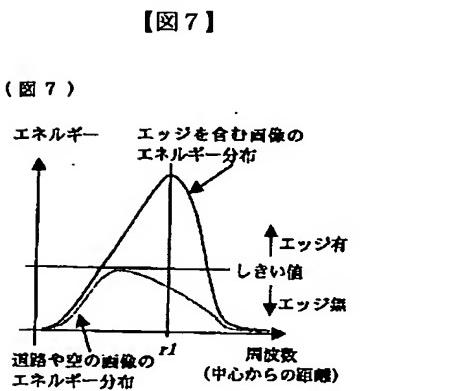
【図1】

【図2】

【図6】

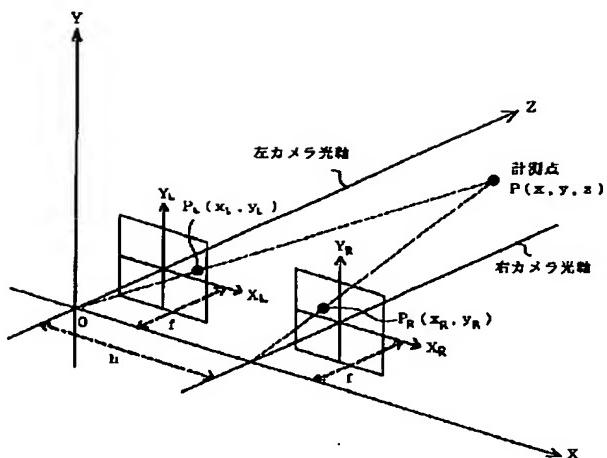


【図8】



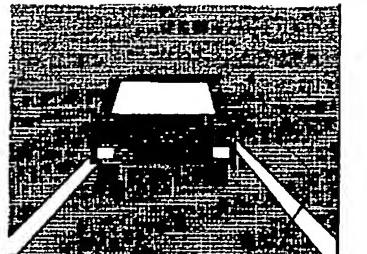
【図3】

(図3)

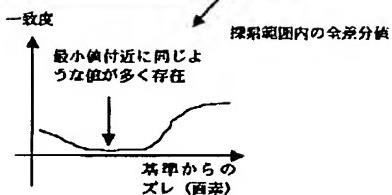


【図9】

(図9)

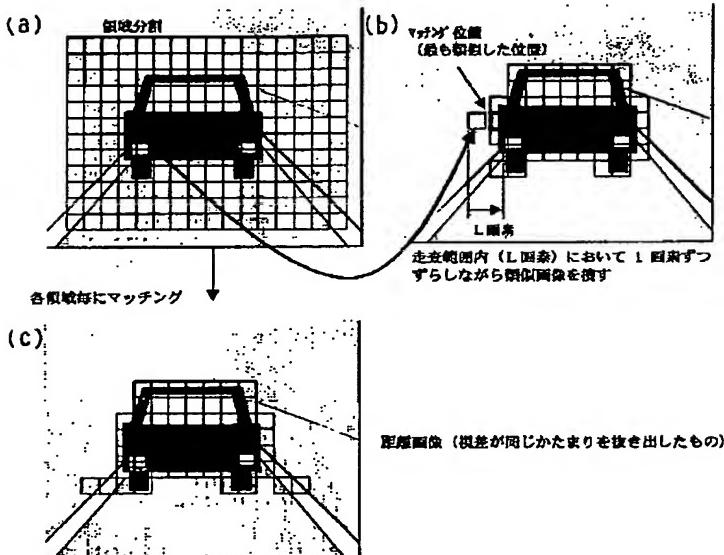


(b)



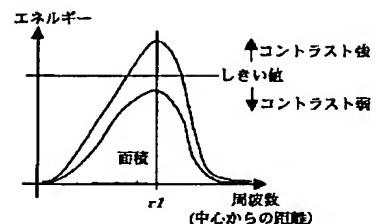
【図10】

【図4】

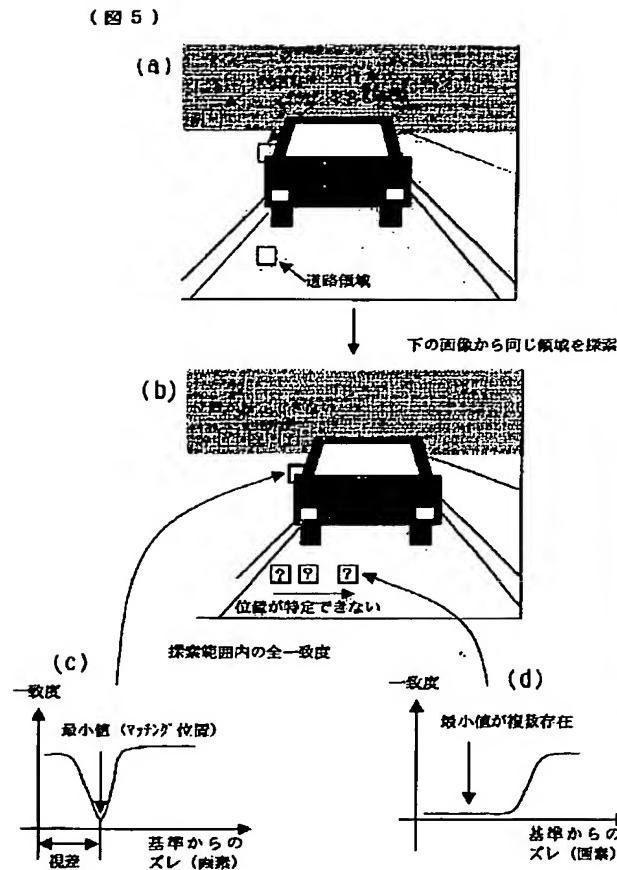


(図10)

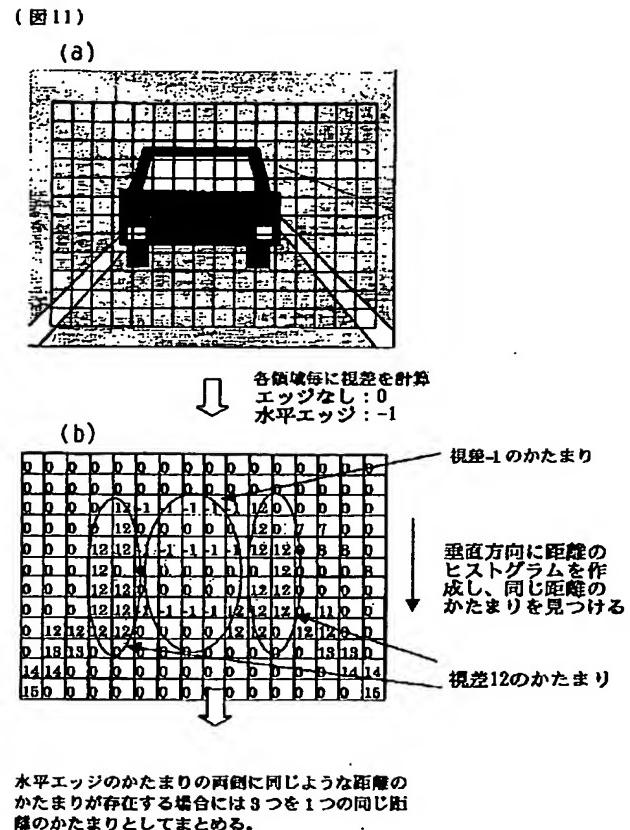
(c)



【図5】



【図11】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.	識別記号	F I	テーマコード' (参考)
H 0 4 N	7/18	B 6 0 R	6 2 4 C
// G 0 5 D	1/02	G 0 6 F	4 1 5

F ターム(参考) 2F065 AA02 AA06 AA12 BB05 CC11
DD06 FF05 FF09 HH13 JJ03
JJ05 JJ26 QQ04 QQ13 QQ16
QQ21 QQ23 QQ32 QQ38
5B057 AA16 CG05 DA07 DA08 DB03
DC02 DC16
5C054 FC12 FC15 GA04 GB01 HA30
5H180 AA01 CC04 LL01 LL02 LL04
LL08
5H301 AA01 BB20 CC03 CC06 DD06
DD16 EE02 EE08 EE12 FF06
FF11 FF23 GG01 GG11 GG19
HH03 LL01 LL03 LL06 LL07
LL11 LL14 LL17